

19 BUNDESREPUBLIK
DEUTSCHLAND



DEUTSCHES
PATENT- UND
MARKENAMT

3)
12 Patentschrift
10 DE 100 64 081 C 2

51 Int. Cl. 7:
H 01 L 21/302
C 30 B 33/00

21 Aktenzeichen: 100 64 081.8-33
22 Anmeldetag: 21. 12. 2000
43 Offenlegungstag: 18. 10. 2001
45 Veröffentlichungstag
der Patenterteilung: 6. 6. 2002

Innerhalb von 3 Monaten nach Veröffentlichung der Erteilung kann Einspruch erhoben werden

73 Patentinhaber:

Wacker Siltronic Gesellschaft für
Halbleitermaterialien AG, 84489 Burghausen, DE

72 Erfinder:

Schwab, Günter, 84547 Emmerting, DE; Stadler,
Maximilian, Dipl.-Chem., Dr., 84533 Haiming, DE

56 Für die Beurteilung der Patentfähigkeit in Betracht
gezogene Druckschriften:

DE	199 56 250 C1
DE	198 33 257 C1
DE	43 16 096 C1
DE	197 52 769 A1
DE	195 31 031 A1
US	60 80 641
US	58 99 744
US	55 67 244
US	53 40 437
EP	8 66 497 A2
EP	7 98 405 A2
EP	7 76 030 A2
EP	7 55 751 A1
EP	7 01 275 A2
EP	2 72 531 A1

54 Verfahren zur Herstellung einer Halbleiterscheibe

57 Verfahren zur Herstellung einer Halbleiterscheibe umfassend in zeitlicher Reihenfolge Kantenverrunden der gesägten und nicht geschliffenen Halbleiterscheibe, naßchemisches Behandeln der Halbleiterscheibe zur Entfernung geschädigter Kristallbereiche, formgebende mechanische Behandlung der Halbleiterscheibe und Abtragspolieren der Halbleiterscheibe, dadurch gekennzeichnet, daß das naßchemische Behandeln der Halbleiterscheibe zur Entfernung geschädigter Kristallbereiche direkt nach dem Kantenverrunden der Halbleiterscheibe und vor der formgebenden mechanischen Behandlung der Halbleiterscheibe durchgeführt wird, mit der Maßgabe, daß direkt im Anschluß an die formgebende mechanische Behandlung der Halbleiterscheibe kein weiteres naßchemisches Behandeln der Halbleiterscheibe zur Entfernung geschädigter Kristallbereiche erfolgt.

DE 100 64 081 C 2

DE 100 64 081 C 2

[0001] Die Erfindung betrifft ein Verfahren zur Herstellung einer Halbleiterscheibe mit hinsichtlich Geometriedaten, Anzahl der Lichtstreucentren auf der Scheibenvorderseite und Metallkontamination im Kristallgitter verbesserten Eigenschaften.

[0002] Eine Halbleiterscheibe für die Verwendung in der Halbleiterindustrie, insbesondere zur Fabrikation von elektronischen Bauelementen mit Linienbreiten gleich oder kleiner $0,18\text{ }\mu\text{m}$, muß eine Vielzahl besonderer Eigenschaften aufweisen. Ein wichtiger Parameter ist die lokale Ebenheit SFQR (site front-surface referenced least squares/range = Bereich der positiven und negativen Abweichung von einer über Fehlerquadratminimierung definierten Vorderseite für eine Bauelementefläche definierter Dimension); die Größe SFQR_{max} gibt den höchsten SFQR-Wert für alle Bauelementeflächen auf einer bestimmten Scheibe an. Eine allgemein anerkannte Faustregel besagt, daß der SFQR_{max}-Wert einer Scheibe gleich oder kleiner der auf dieser Scheibe möglichen Linienbreite von darauf herzustellbaren Halbleiterbauelementen sein muß. Eine Überschreitung dieses Wertes führt zu Fokussierungsproblemen des Steppers und damit zum Verlust des betreffenden Bauelementes. Eine weitere Größe von hoher Bedeutung ist die Anzahl von Lichtstreucentren (LLS, localized light scatterers) auf der Scheibenseite, in der Regel der Scheibenvorderseite, auf der die Halbleiter-Bauelemente erstellt werden sollen. Hierbei kann zwischen kristallinhärenten Defekten, deren Anzahl im wesentlichen durch den Kristallisationsprozeß und die Formgebungsschritte bestimmt wird, und Partikeln unterschieden werden, welche in den Prozeßschritten Endreinigung und Trocknung nicht von der Scheibenoberfläche entfernt oder gar auf diese aufgebracht werden. In einer gewissen Anzahl und Größe können LLS zum elektrischen Kurzschluß von Schaltkreisen und damit zum Verlust von Bauelementen führen. Ebenfalls essentiell ist die Begrenzung von Metallkontamination auf der Scheibenoberfläche und im Kristallgitter. Metallkontamination wirkt sich vor allem über die Störung der physikalischen und elektrischen Eigenschaften der Scheibe negativ auf den Bauelemente-Produktionsprozeß aus und kann ebenfalls zum Totalausfall von Schaltkreisen führen.

[0003] Eine konventionelle Prozeßsequenz zur Herstellung einer Halbleiterscheibe lautet: Kantenverrunden, formgebende mechanische Behandlung, wie Läppen bzw. Schleifen, Ätzen, Polieren und Reinigen der von einem Kristall gesägten Halbleiterscheibe. Nach dem Kantenverrunden und Läppen folgt ein naßchemischer Ätzschritt zur weitgehenden Entfernung der oberflächennahen gestörten Kristallschichten (Damage) auf Fläche und Kante. Das Polieren wird in der Regel als zwei- oder dreistufiger Einseitenprozeß ausgeführt, wobei der jeweils letzte Schritt die endgültige schleierfreie Oberfläche erzeugt. Es schließt sich eine Reinigung an, die im allgemeinen als Badreinigung nach dem sogenannten RCA-Verfahren unter Verwendung einer Sequenz von alkalischen, sauren und Reinstwasserbädern ausgeführt wird.

[0004] Weiterentwickelte Endreinigungsverfahren setzen aufgrund der hohen Oxidationskraft von Ozon Kombinationen aus wäßriger Flußsäurelösung (HF) und Ozon ein, wodurch die Scheibenoberfläche insbesondere von Kupfer und von organischen Verunreinigungen befreit wird; eine Tensidzugabe zur Flußsäure bewirkt eine Partikelreduktion (siehe beispielsweise EP 701 275 A2). Das direkte Einblasen von Ozon in wäßrige HF-Lösung ist beispielsweise in der US 5,567,244 beschrieben. Letztendlich kann die HF/Ozon-Technologie gemäß der DE 195 31 031 A1 auch zur

Trocknung gereinigter Siliciumscheiben eingesetzt werden, indem diese trocken und hydrophob aus der Flußsäurelösung entnommen und anschließend in einem ozonhaltigen Gasraum hydrophiliert werden.

[0005] Naßchemisches Ätzen einer Halbleiterscheibe, meist ausgeführt als Batchverfahren unter gleichzeitiger Behandlung einer Vielzahl von Scheiben, stellt ein kostengünstiges Verfahren zur Entfernung des in den mechanischen Bearbeitungsschritten erzeugten Damage dar, wobei der Abtrag i. a. zwischen 3 und $50\text{ }\mu\text{m}$ liegt. Nachteilig wirkt sich dabei aus, daß dieser Prozeßschritt nur sehr aufwändig kontrollierbar ist und so gut wie immer eine Verschlechterung der Scheibengeometrie bewirkt.

[0006] Ebenso vergrößert sich, je nach Abtrag, meist die Dickenstreuung der Halbleiterscheibe, was bewirkt, daß vor dem Polieren ein Einmessen der Scheiben in Dickengruppen erfolgen muß, um gute Scheibengeometrien nach dem Polieren zu gewährleisten. Je schlechter die Performance des Ätzprozesses, umso größer der Aufwand, weil i. a. die Anzahl der Einmessgruppen steigt.

[0007] Bekannte Verfahren zur Herstellung einer Halbleiterscheibe können die Anforderungen, die für die Weiterverarbeitung zu Halbleiterbauelementen mit Linienbreiten gleich oder kleiner $0,18\text{ }\mu\text{m}$ eingefordert werden (Geometriedaten, Anzahl der Lichtstreucentren (LLS) auf der Scheibenvorderseite, Metallkontamination im Kristallgitter und Nanotopologie) in ihrer Gesamtheit derzeit nicht erfüllen.

[0008] In DE 199 56 250 C1, US 6,080,641, EP 0 798 405 A2, US 5,899,744 und DE 198 33 257 C1 werden Verfahren zur Herstellung von Halbleiterscheiben beschrieben. Des weiteren wird in EP 0 866 497 A2 eine Methode und ein System zum Kontrollieren von Verfahrensschritten bei der Herstellung von Halbleiterscheiben offenbart.

[0009] Gegenstand der Erfindung ist ein Verfahren zur Herstellung einer Halbleiterscheibe umfassend in zeitlicher Reihenfolge Kantenverrunden der gesägten und nicht geschliffenen Halbleiterscheibe, naßchemisches Behandeln der Halbleiterscheibe zur Entfernung geschädigter Kristallbereiche, formgebende mechanische Behandlung der Halbleiterscheibe und Abtragspolieren der Halbleiterscheibe, dadurch gekennzeichnet, daß das naßchemische Behandeln der Halbleiterscheibe zur Entfernung geschädigter Kristallbereiche direkt nach dem Kantenverrunden der Halbleiterscheibe und vor der formgebenden mechanischen Behandlung der Halbleiterscheibe durchgeführt wird, mit der Maßgabe, daß direkt im Anschluß an die formgebende mechanische Behandlung der Halbleiterscheibe kein weiteres naßchemisches Behandeln der Halbleiterscheibe zur Entfernung geschädigter Kristallbereiche erfolgt.

[0010] Ausgangsprodukt des erfindungsgemäßen Verfahrens ist eine Halbleiterscheibe, die auf bekannte Weise von einem Kristall abgetrennt wurde, beispielsweise von einem abgelängten und rundgeschliffenen Einkristall aus Silicium, und deren Kante verrundet wurde. Hierzu kann der Kristall mit einem oder mehreren Orientierungsmerkmalen zur Identifizierung der Kristallachsen versehen werden, beispielsweise einem Notch und/oder einem Flat. Die Kante der Halbleiterscheibe wird mittels einer geeignet profilierten Schleifscheibe verrundet. Metallfreie Kunstharzgebundene Kantenverrundungsscheiben, insbesondere solche mit eingebetteten Diamanten, sind besonders bevorzugt. Die Scheibenkanten weisen je nach Ausführungsform des Schleifschrittes ein Damage von 3 bis $20\text{ }\mu\text{m}$ auf.

[0011] Das erfindungsgemäße Verfahren kann prinzipiell zur Herstellung eines scheibenförmigen Körpers eingesetzt werden, der aus einem Material besteht, welches mit den eingesetzten mechanischen und chemischen Methoden be-

arbeitet werden kann. Derartige Materialien, deren Weiterverarbeitung vorwiegend in der Halbleiterindustrie stattfindet, jedoch nicht auf diese beschränkt ist, sind zum Beispiel Silicium, Silicium/Germanium, Siliciumdioxid, Siliciumnitrid, Galliumarsenid und weitere sogenannte III-V-Halbleiter. Silicium, insbesondere in einkristalliner Form, beispielsweise kristallisiert durch einen Czochralski- oder einen Zonenziehprozeß, ist bevorzugt. Silicium mit einer Kristallorientierung (100), (110) oder (111) ist besonders bevorzugt. [0012] Das erfindungsgemäße Verfahren eignet sich besonders zur Herstellung von Siliciumscheiben mit Durchmessern von insbesondere 200 mm, 300 mm, 400 mm, 450 mm und 675 mm und Dicken von wenigen 100 µm bis einigen cm, bevorzugt von 500 µm bis 1200 µm. Die Halbleiterscheiben können entweder direkt als Ausgangsmaterial für die Herstellung von Halbleiterbauelementen eingesetzt werden oder nach Aufbringen von Schichten wie Rückseitenversiegelungen oder einer epitaktischen Beschichtung der Scheibenvorderseite mit Silicium oder geeigneten weiteren Halbleitermaterialien oder aber nach Konditionierung durch eine Wärmebehandlung beispielsweise unter Wasserstoff- oder Argonatmosphäre ihrem Bestimmungszweck zugeführt werden. Neben der Herstellung von Scheiben aus einem homogenen Material kann die vorliegende Erfindung natürlich auch zur Herstellung von mehrschichtig aufgebauten Halbleitersubstraten wie SOI-Scheiben (silicon-on-insulator) und sogenannten bonded wafers eingesetzt werden. [0013] Im folgenden wird die Erfindung am Beispiel der Herstellung einer Halbleiterscheibe aus Silicium näher erläutert. [0014] Zur Entfernung des in den mechanischen Vorprozessen zwangsläufig erzeugten Damage von Scheibenoberfläche und -kante einschließlich der gegebenenfalls vorhandenen Verunreinigungen, beispielsweise in diesen gestörten Gitterbereichen gebundene (gegeterte) Metallverunreinigungen, folgt eine naßchemische Behandlung der gesägten und kantenverrundeten Halbleiterscheibe mit einem Ätzschritt, bevorzugt nach dem Sauerätzprinzip. Die im erfindungsgemäßen Verfahren durchgeführte naßchemische Behandlung zur Entfernung geschädigter Kristallbereiche kann nach beliebigen, bisher bekannten Verfahren erfolgen, wobei diese Behandlung neben dem Ätzschritt auch weitere übliche Behandlungsschritte, wie Reinigung, Trocknung etc., beinhalten kann. [0015] Bevorzugt umfaßt die im erfindungsgemäßen Verfahren durchgeführte naßchemische Behandlung zur Entfernung geschädigter Kristallbereiche die Teilschritte

- (a) Ätzen der Halbleiterscheibe in einer sauren Ätzlösung;
- (b) Spülen der Halbleiterscheibe in Reinstwasser; und
- (c) Eintauchen der Halbleiterscheibe in eine wäßrige Flußsäurelösung und Herausbringen der Halbleiterscheibe aus der Flußsäurelösung in einen Ozon enthaltenden Gasraum.

[0016] Die drei Teilschritte können in separaten Anlagen ausgeführt werden. Ebenfalls möglich ist, sie in ein und demselben Prozeßbecken auszuführen. Bevorzugt ist, die drei Teilschritte unmittelbar nacheinander in drei Prozeßkammern einer modular aufgebauten Ätzanlage auszuführen. Dies ist zum einen kostengünstig durch die Möglichkeit des Einsatzes einer kompakt aufgebauten Anlage von Vorteil, die in einer besonders bevorzugten Ausführungsform des Prozesses automatisiert betrieben wird und dadurch bei relativ niedrigem Bedienpersonalaufwand einen hohen Durchsatz ermöglicht. Zum anderen wird die Halbleiterscheibe (a) in die Ätzlösung überführt, unmittelbar nach

dem eigentlichen Ätzprozeß in Schritt (b) mit Reinstwasser gespült, was ein lokales unkontrolliertes Nachätzen verhindert, und unmittelbar nach dem Spülen im Schritt (c) getrocknet, was eine metallische Rekontamination verhindert.

[0017] Bei Teilschritt (c) besteht die Möglichkeit, ein ozonhaltiges Gas in den Gasraum über der Flußsäure zu leiten. Das ozonhaltige Gas kann jedoch auch in die Flußsäure, entweder im Prozeßbecken oder in einem Vorlagetank, aus welchem die ozonhaltige Flußsäure in das Prozeßbecken gepumpt wird, eingeblasen werden, wobei sich der Gasraum über der Flußsäure im Prozeßbecken durch Ausdiffusion teilweise mit Ozon füllt.

[0018] Die im Teilschritt (c) zum Einsatz kommende wäßrige Flußsäurelösung enthält bevorzugt 0,001 bis 70 Gew.-% HF, besonders bevorzugt 0,05 bis 3 Gew.-% HF, und weist bevorzugt eine Temperatur von 20 bis 80°C auf, wobei eine Temperatur von 40 bis 60°C besonders bevorzugt ist. Zur Erhöhung der Partikelreinigungswirkung kann die Flußsäurelösung in Prozeßschritt (c) ein Tensid oder ein Tensidgemisch in einer Konzentration von 0,0001 bis 1 Gew.-% enthalten, wobei es sich bei dem Tensid um ein nicht-ionisches, kationisches oder anionisches Tensid handeln kann. Die Zugabe weiterer Zusatzstoffe ist möglich. Das eingeblasene ozonhaltige Gasgemisch enthält bevorzugt Ozon in einer Konzentration von 1 mg/m³ bis 1 g/m³ und wird bei Verwendung eines üblicherweise 100 bis 1000 l Flußsäure fassenden Bades mit einer Geschwindigkeit von bevorzugt 1 bis 100 l/min eingeblasen. Das ozonhaltige Gasgemisch kann neben Ozon ein anderes Gas oder mehrere andere Gase enthalten, die entweder inert, wie Stickstoff, Argon oder Kohlendioxid, oder reaktiv sind, wie Sauerstoff, Fluorwasserstoff oder Chlorwasserstoff.

[0019] Das verwendete Ozon kann beispielsweise mit Hilfe eines Ozongenerators gemäß der DE 197 52 769 A1 bereitgestellt werden. Es hat sich als sinnvoll erwiesen, die Halbleiterscheiben bei dem Teilschritt (c) sowohl in der Flußsäurelösung als auch in der ozonhaltigen Gasatmosphäre für einen Zeitraum von jeweils, 0,1 bis 5 min zu belassen, wobei eine Verweilzeit von jeweils 0,5 bis 2 min besonders bevorzugt ist.

[0020] Der saure Ätzschritt (a) wird bevorzugt wie in DE 43 16 096 C1 und US-A 5,340,437 beschrieben nach dem Strömungsätzprinzip unter Rotation der Scheiben während des Ätzvorganges und Einperlung eines inerten oder reaktiven Gases ausgeführt; die Einperlung eines Gases, wie Stickstoff oder Kohlendioxid, ist dabei besonders bevorzugt. Besonders bevorzugt ist ebenfalls die Verwendung eines bei einer Temperatur von 15 bis 40°C betriebenen Gemisches aus Salpetersäure und Flußsäure in Konzentrationen und einem Konzentrationsverhältnis, die eine mittlere Ätzgeschwindigkeit von 3 bis 30 µm/min unter bestmöglichem Erhalt der Scheibengeometrie erlauben, beispielsweise 60 bis 95 Gew.-% konzentrierter Salpetersäure (z. B. 70 Gew.-%ig in wäßriger Lösung) und 5 bis 30 Gew.-% konzentrierte Flußsäure (z. B. 70 Gew.-%ig in wäßriger Lösung). Zur Stabilisierung der Gasblasen ist die Zugabe eines gegenüber der Ätzmischung stabilen Tensids in geringen Konzentrationen, die im einzelnen von der Natur des zugesetzten Tensides abhängen, von Vorteil. Beispiele für geeignete Tenside sind Phosphorsäure, Ammoniumlaurylsulfat und fluorierte oberflächenaktive Stoffe wie Perfluoralkylsulfonate. Die Zugabe geringer Anteile an weiteren Stoffen aus den Verbindungsklassen organische Säure und Salze, beispielsweise Essigsäure, Oxalsäure und Zitronensäure, anorganische Säuren, Salze und Oxide, beispielsweise Salzsäure, Kaliumdichromat, Kaliumpermanganat und Chrom-VI-oxid, sowie elementare Halogene, beispielsweise Brom und Iod, ist möglich.

[0021] Nach Beendigung des Ätzzvorganges werden die Scheiben zur Vermeidung einer lokal uneinheitlichen Nachätzung möglichst rasch, das heißt innerhalb von 1 bis 3 Sekunden, in ein mit Reinstwasser gefülltes Bad, bevorzugt eine Quickdump-Spüle, umgesetzt und intensiv mit Reinstwasser gespült und dadurch von anhaftenden Bestandteilen der Ätzmischung befreit. Wird dieser Schritt in der bevorzugten Quickdump-Spüle ausgeführt, wird der Badinhalt in einer besonders bevorzugten Arbeitsweise insgesamt zweimal schlagartig abgelassen und das Bad unter gleichzeitigem Besprühen der Scheiben mit Wasser und Einblasen von Stickstoffgas innerhalb von 20 bis 60 Sekunden wieder mit Reinstwasser aufgefüllt. Abschließend werden die Scheiben in den HF/Ozon-Trockner (c) überführt und entsprechend den Ausführungen weiter oben prozessiert. Es liegen trockene Siliciumscheiben mit defektarmen Oberflächen und sehr niedrigen Metallkontaminationen auf der Oberfläche und im Kristallgitter vor. Der Abtrag der erfindungsgemäß durchgeführten naßchemischen Behandlung der Halbleiterscheibe zur Entfernung geschädigter Kristallbereiche, bevorzugt des Säureätzschrittes, liegt bevorzugt zwischen 3 und 50 µm, besonders bevorzugt zwischen 10 und 20 µm.

[0022] Beim Säureätzschritt gemäß erfindungsgemäßem Verfahren einschließlich der Nachbehandlungsschritte ist zwecks Vermeidung von Partikel- und Metallkontamination die Verwendung hochreiner Chemikalien, die beispielsweise für die Verwendung in der Gigabit-Halbleitertechnologie qualifiziert sind, bevorzugt. Ebenfalls bevorzugt ist die Verwendung von Reinstwasser, das mit Wasseraufbereitungsanlagen nach dem Stand der Technik unter Verwendung von Mischbett-Ionenaustauschern, Umkehrosmose, Elektrodeionisation und 0,02-µm-Ultrafiltration hergestellt wurde.

[0023] Nach der naßchemischen Behandlung zur Entfernung geschädigter Kristallbereiche werden die Halbleiterscheiben erfindungsgemäß einer formgebenden mechanischen Behandlung unterzogen. Die formgebende mechanische Behandlung, wie Schleifen oder Läppen, kann nach bereits bekannten Verfahrensweisen erfolgen, wobei es sich bevorzugt um Schleifen handelt. Eine bevorzugte Ausführungsform des erfindungsgemäßen Verfahrens ist die Methode des Rotationsschleifens, wie sie beispielsweise in der EP 272 531 A1 beschrieben ist. Hierbei wird üblicherweise zunächst eine Seite der Scheibe geschliffen, die Scheibe gewendet und anschließend die andere Seite geschliffen. Bevorzugt zur Anwendung kommen dabei diamanthaltige Schleifscheiben, besonders bevorzugt kunstharzgebundene Schleifscheiben mit Diamanten. Die eingebetteten Diamantsplitter besitzen eine Körnung von bevorzugt 400 bis 3000 Mesh, besonders bevorzugt 600 bis 2000 Mesh. Es ist jedoch auch möglich, nur eine Scheibenseite zu schleifen.

[0024] Gemäß einer weiteren, bevorzugten Ausführungsform werden beide Scheibenseiten nacheinander zunächst mit einer Schleifscheibe der Körnung 400 bis 1000 Mesh und anschließend beide Scheibenseiten nacheinander mit einer Schleifscheibe der Körnung 1500 bis 2500 Mesh geschliffen.

[0025] Eine weitere bevorzugte Ausführungsform des Schleifschrittes ist das Doppelseitenschleifen, wie es beispielsweise in der EP 755 751 A1 beschrieben ist. Anstelle des sequentiellen Schleifens der beiden Scheibenseiten werden in diesem Falle beide Scheibenseiten gleichzeitig geschliffen. Statt der Schleifscheiben können hierbei auch Schleifkörper, sogenannte Pellets, mit gleicher Zusammensetzung eingesetzt werden. Der Siliciumabtrag pro Scheibenseite beträgt beim Schleifschritt bevorzugt 10 bis 100 µm, besonders bevorzugt 20 bis 60 µm. Die geschliffenen Scheiben können je nach Ausführungsform des Schleifschrittes ein Damage von 1 bis 10 µm aufweisen.

[0026] Besonders bevorzugt handelt es sich bei der erfindungsgemäß durchgeführten formgebenden mechanischen Behandlung um das oben beschriebene Doppelseitenschleifen.

[0027] Nach erfolgtem Schleifen kann bei dem erfindungsgemäßen Verfahren nun vorteilhafterweise auf einen weiteren Ätzzschritt verzichtet werden.

[0028] Die nach dem Schleifvorgang erhaltenen Halbleiterscheiben werden nun bevorzugt einem üblichen Reinigungsschritt, besonders bevorzugt einer Oberflächenreinigung nach dem Stand der Technik, unterzogen. Hierbei kann es sich um ein oder mehrere hintereinandergeschaltete Tensidbäder handeln, denen sich ein Spülbad und eine Trocknung anschließt. Falls metallfreie Oberflächen erwünscht sind, können diese mit einer zusätzlich durchgeführten HF/O₃-Behandlung erreicht werden. Dabei kann wie oben im Teilschritt c) der naßchemischen Behandlung zur Entfernung geschädigter Kristallstrukturen beschrieben verfahren werden. Metalle werden so entweder oxidiert oder komplexiert (z. B. Fe mittels HF) und in Lösung gehalten. Gleichzeitig wird, je nach HF-Konzentration, bevorzugt 0,001 bis 50 Gew.-%, besonders bevorzugt 0,5 bis 1,0 Gew.-%, Silicium im Submicron-Bereich aufgelöst, was bewirkt, daß nicht nur oberflächlich anhaftende Metalle entfernt werden, sondern auch solche, die sich im oberflächennahen Damagebereich befinden.

[0029] Da mit dem durchgeführten Reinigungsschritt keine Abträge im µm-Bereich verbunden sind, wird bei dem erfindungsgemäßen Verfahren die Geometrie der Halbleiterscheibe und die Dickenstreuung allein durch das Schleifen bestimmt, so daß auf das Einmessen entweder ganz verzichtet oder mit stark vermindertem Aufwand betrieben werden kann.

[0030] Nach der erfolgten Reinigung wird gemäß dem erfindungsgemäßen Verfahren die Halbleiterscheibe bevorzugt einem Abtragspolierschritt unterzogen, bei welchem mindestens die Vorderseite unter Abtrag von bevorzugt 5 bis 50 µm Silicium poliert wird. Verfahren zum Abtragspolieren sind bereits hinreichend bekannt. Falls erwünscht wird, daß die Scheiben eine polierte Rückseite besitzen sollen, wie dies zwecks Vermeidung von Querkontamination mit an der Rückseite anhaftenden Partikeln bei modernen Verfahren zur Herstellung von Halbleiterbauelementen vielfach der Fall ist, kann prinzipiell auf zwei verschiedene Vorgehensweisen zurückgegriffen werden. Zum einen kann ein Rückseitenpolierschritt analog dem weiter unten beschriebenen Endpolierschritt (dem Schleierfreipolieren) durchgeführt werden. Dieser Rückseitenpolierschritt wird sinnvollerweise vor dem Endpolierschritt der Scheibenvorderseite durchgeführt. Es kann jedoch auch ein Doppelseitenpolierschritt durchgeführt werden, in welchem bevorzugt 5 bis 50 µm Material pro Scheibenseite, besonders bevorzugt 10 bis 20 µm Material, abgetragen wird. Ein geeignetes Verfahren zur Doppelseitenpolitur ist beispielsweise in der EP 776 030 A2 veröffentlicht. Im Rahmen der Erfindung ist die Anwendung eines Doppelseitenpolierschrittes gegenüber einem Einseiten-Abtragspolierschritt der Scheibenvorderseite oder einer sequentiellen Politur von Scheibenvorder- und Scheibenrückseite bevorzugt. Besonders bevorzugt ist ein Doppelseitenpolierschritt unter Verwendung eines Poliertuches auf Polyurethanbasis mit eingearbeiteten Polyethylenfasern mit einer bevorzugten Härte von 40 bis 120 (Shore A) und einer besonders bevorzugten Härte von 60 bis 90 (Shore A) in Gegenwart eines Poliersols mit einem pH-Wert von bevorzugt 9 bis 12, besonders bevorzugt 10 bis 11, aus bevorzugt 1 bis 10 Gew.-%, besonders bevorzugt 1 bis 5 Gew.-%, SiO₂ in Wasser, wobei der Polierdruck bevorzugt 0,1 bis 0,5 bar, besonders bevorzugt 0,15 bis 0,3 bar, be-

trägt.

[0031] Bei dem erfindungsgemäßen Verfahren wird anschließend die Scheibenvorderseite bevorzugt schleierfrei poliert, beispielsweise mit einem weichen Poliertuch unter Zuhilfenahme eines alkalischen Poliersols; zum Erhalt der bis zu diesem Schritt erzeugten guten Scheibengeometrie liegt der Siliciumabtrag von der Scheibe dabei relativ niedrig, bevorzugt 0,05 bis 1,5 µm, besonders bevorzugt 0,1 bis 0,7 µm. In der Literatur wird dieser Schritt oft als CMP-Politur (chemo-mechanical polishing) bezeichnet. Eine bevorzugte Ausführungsform des Schleierfreipolierschrittes ist die Verwendung eines Poliertuches auf Polyurethanbasis mit einem Poliersol mit einem pH-Wert von 9 bis 10 aus 1 bis 5 Gew.-% SiO₂ in Wasser, wobei der Polierdruck 0,1 bis 0,3 bar ist. Dem erfindungsgemäßen Verfahren folgt in der Regel eine Reinigung nach dem Stand der Technik, die entweder als Batchprozeß unter gleichzeitiger Reinigung einer Vielzahl von Scheiben in Bädern oder mit einem Sprühverfahren oder als Einzelscheibenprozeß ausgeführt werden kann. Im Rahmen der Erfindung bevorzugt ist eine Badreinigung von Scheibenpaketen nach dem sogenannten RCA-Verfahren unter Verwendung einer Sequenz von alkalischen, sauren und Reinstwasserbädern, gefolgt von einer Scheibentrocknung mit einem handelsüblichen Batchtrocknungssystem, beispielsweise einem Schleudertrockner, Heißwassertrockner, Isopropanoltrockner oder Marangonitrockner. Besonders bevorzugt ist eine RCA-Reinigung mit der Badfolge wäßrige Flußsäure, Reinstwasser, Tetramethylammoniumhydroxid/-Wasserstoffperoxid/Reinstwasser, Reinstwasser, Salzsäure, Reinstwasser, wobei die in den Reinigungsbädern vorhandenen Chemikalien in geringer Konzentration vorliegen, beispielsweise unterhalb jeweils 5 Gew.-%, gefolgt von einer Isopropanoltrocknung.

[0032] Auch bei einer derartigen Endreinigung ist die Verwendung hochreiner Chemikalien und von Reinstwasser bevorzugt.

[0033] Die naßchemische Behandlung zur Entfernung geschädigter Kristallbereiche gemäß vorliegender Erfindung wie auch die Endreinigung und die Trocknung der Halbleiterscheibe werden vorzugsweise in einem Reinraum durchgeführt, bevorzugt in einem Reinraum der Klasse 100 und besser, besonders bevorzugt in einem Reinraum der Klasse 10 und besser.

[0034] Zur weiteren Verbesserung der Scheibengeometrie, beispielsweise für den Fall, daß auf der Halbleiterscheibe Halbleiterbauelemente mit Linienbreiten kleiner oder gleich 0,13 µm hergestellt werden sollen, kann sinnvollerweise zwischen dem Abtragspolieren und dem Schleierfreipolieren ein Geometrie-Korrekturschritt durch lokalen Siliciumabtrag mit Unterstützung eines Plasmas ausgeführt werden. Derartige Verfahren sind ebenfalls bereits bekannt.

[0035] Falls notwendig, kann an einer beliebigen Stelle des erfindungsgemäßen Verfahrens ein Wärmebehandlungsschritt der Halbleiterscheibe eingeführt werden, beispielsweise um thermische Donatoren zu vernichten oder um eine Störung von oberflächennahen Kristallschichten auszuheilen. Falls im Rahmen des erfindungsgemäßen Verfahrens ein Wärmebehandlungsschritt durchgeführt werden soll, so erfolgt dieser bevorzugt vor der formgebenden mechanischen Behandlung der Halbleiterscheiben oder nach dem Plasma-Lokalätzschritt in einem Temperaturbereich von bevorzugt 400 bis 800°C. Ebenfalls gewünscht sein könnten eine Laserbeschriftung zur Scheibenidentifizierung oder ein Kantenpolierschritt, die sich an geeigneter Stelle, zum Beispiel vor oder nach dem Schleifen im Falle der Lasermarkierung sowie vor oder nach dem Abtragspolierschritt im Falle des Kantenpolierens einfügen lassen. Eine Reihe weiterer, für bestimmte Produkte erforderliche Prozessschritte wie

beispielsweise die Aufbringung von Rückseitenbeschichtungen aus Polysilicium, Siliciumoxid oder Siliciumnitrid oder die Aufbringung einer Epitaxieschicht aus Silicium oder weiteren halbleitenden Materialien auf die Vorderseite der Siliciumscheibe läßt sich ebenfalls nach dem Fachmann bekannten Verfahren an den geeigneten Stellen in den Prozeßfluß einbauen. Es kann darüber hinaus auch zweckmäßig sein, die Halbleiterscheibe vor oder nach einzelnen Prozessschritten einer weiteren Batch- oder Einzelscheibenreinigung nach dem Stand der Technik zu unterziehen.

[0036] Nach einer besonders bevorzugten Ausführungsform des erfindungsgemäßen Verfahrens werden die gesägten und kantenverrundeten Halbleiterscheiben, insbesondere Siliciumscheiben,

(I) nach dem Sauerätzprinzip naßchemisch behandelt, wobei diese naßchemische Behandlung insbesondere die Teilschritte

(a) Ätzen der Halbleiterscheibe in einer sauren Ätzlösung;

(b) Spülen der Halbleiterscheibe in Reinstwasser; und

(c) Eintauchen der Halbleiterscheibe in eine wäßrige Flußsäurelösung und Herausbringen der Halbleiterscheibe aus der Flußsäurelösung in einen Ozon enthaltenden Gasraum umfaßt,

(II) anschließend geschliffen, wobei es sich bevorzugt um Doppelseitenschleifen handelt,

(III) einer Oberflächenreinigung einschließlich einer HF/O₃-Behandlung unterzogen,

(IV) abtragspoliert, insbesondere in einem Doppelseitenpolierschritt,

(V) die Scheibenvorderseite schleierfrei poliert und

(VI) die erhaltenen Halbleiterscheiben gereinigt,

wobei in Schritt (I) geschädigte Kristallbereiche entfernt werden, in Schritt (III) jedoch nicht, mit der Maßgabe, daß – falls erwünscht – an einer beliebigen Stelle des erfindungsgemäßen Verfahrens weitere für die Herstellung von Halbleiterscheiben übliche Verfahrensschritte eingeführt werden können, ausgenommen eine naßchemische Behandlung zur Entfernung geschädigter Kristallbereiche.

[0037] Die nach dem erfindungsgemäßen Verfahren erhaltenen Endprodukte sind Halbleiterscheiben mit hinsichtlich Geometriedaten, Anzahl der Lichtstreucentren (LLS) auf der Scheibenvorderseite, Metallkontamination im Kristallgitter und Nanotopologie verbesserten Eigenschaften. Bevorzugt haben die Halbleiterscheiben eine Rückseite und eine schleierfrei polierten Vorderseite.

[0038] Eine erfindungsgemäß hergestellte Halbleiterscheibe aus Silicium erfüllt die Anforderungen für die Herstellung von Halbleiterbauelementen mit Linienbreiten kleiner 0,18 µm.

[0039] Hinsichtlich der weiteren üblicherweise zur Scheibencharakterisierung herangezogenen, dem Fachmann wohl bekannten Parameter wie Rauigkeit, Haze, Partikel- und Metallkontaminationen der Scheibenoberfläche, Magic-Mirror-Defekte usw., die weniger von der gesamten Prozeßkette als vielmehr von der Ausführung der Polier- und Reinigungsschritte bestimmt werden, weisen die erfindungsgemäß hergestellten Halbleiterscheiben keine Nachteile gegenüber den nach dem Stand der Technik hergestellten Scheiben auf.

[0040] Das erfindungsgemäße Verfahren hat des weiteren den Vorteil, daß es einfach in der Durchführung und wirtschaftlich konkurrenzfähig ist.

[0041] Die folgenden Beispiele betreffen die Herstellung von Siliciumscheiben mit einem Durchmesser von (300 ±

0,2) mm, einer Dicke von $(775 \pm 25) \mu\text{m}$, einer schleierfrei polierten Vorderseite und einer polierten Rückseite, einem Sauerstoffgehalt von $(6 \pm 1) \cdot 10^{17}$ Atomen/cm³ und einer Bor-Dotierung, die zu einem Widerstand im Bereich von 10 bis $20 \Omega \cdot \text{cm}$ führt. Die dazu benötigten Kristalle werden nach dem Stand der Technik gezogen, abgelängt, rundgeschliffen, auf einer handelsüblichen Drahtsäge in Scheiben zersägt und kantenverrundet.

Patentansprüche

1. Verfahren zur Herstellung einer Halbleiterscheibe umfassend in zeitlicher Reihenfolge Kantenverrunden der gesägten und nicht geschliffenen Halbleiterscheibe, naßchemisches Behandeln der Halbleiterscheibe zur Entfernung geschädigter Kristallbereiche, formgebende mechanische Behandlung der Halbleiterscheibe und Abtragspolieren der Halbleiterscheibe, **dadurch gekennzeichnet**, daß das naßchemische Behandeln der Halbleiterscheibe zur Entfernung geschädigter Kristallbereiche direkt nach dem Kantenverrunden der Halbleiterscheibe und vor der formgebenden mechanischen Behandlung der Halbleiterscheibe durchgeführt wird, mit der Maßgabe, daß direkt im Anschluß an die formgebende mechanische Behandlung der Halbleiterscheibe kein weiteres naßchemisches Behandeln der Halbleiterscheibe zur Entfernung geschädigter Kristallbereiche erfolgt.
2. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß es sich bei der Halbleiterscheibe um eine Siliciumscheibe handelt.
3. Verfahren nach Anspruch 1 oder 2, dadurch gekennzeichnet, daß das naßchemische Behandeln der Halbleiterscheibe zur Entfernung geschädigter Kristallbereiche einen Ätzschritt beinhaltet.
4. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 3, dadurch gekennzeichnet, daß die naßchemische Behandlung zur Entfernung geschädigter Kristallbereiche die Teilschritte
 - (a) Ätzen der Halbleiterscheibe in einer sauren Ätzlösung;
 - (b) Spülen der Halbleiterscheibe in Reinstwasser; und
 - (c) Eintauchen der Halbleiterscheibe in eine wäßrige Flußsäurelösung und Herausbringen der Halbleiterscheibe aus der Flußsäurelösung in einen Ozon enthaltenden Gasraum umfaßt.
5. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 4, dadurch gekennzeichnet, daß es sich bei der formgebenden mechanischen Behandlung um Schleifen handelt.
6. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 5, dadurch gekennzeichnet, daß es sich bei dem Abtragspolieren um einen Doppelseitenpolierschritt handelt.
7. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 6, dadurch gekennzeichnet, daß die gesägten und kantenverrundeten Halbleiterscheiben,
 - (I) nach dem Sauerätzprinzip naßchemisch behandelt,
 - (II) anschließend geschliffen,
 - (III) einer Oberflächenreinigung einschließlich einer HF/O₃-Behandlung unterzogen,
 - (IV) abtragspoliert,
 - (V) die Scheibenvorderseite schleierfrei poliert und
 - (VI) die erhaltenen Halbleiterscheiben gereinigt werden, mit der Maßgabe, daß an einer beliebigen Stelle des erfindungsgemäßen Verfahrens weitere für die Herstellung von Halbleiterscheiben übliche

che Verfahrensschritte eingeführt werden können, ausgenommen eine naßchemische Behandlung zur Entfernung geschädigter Kristallbereiche, und daß in Schritt (I) geschädigte Kristallbereiche entfernt werden, in Schritt (III) jedoch nicht.

8. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 7, dadurch gekennzeichnet, daß die gesägten und kantenverrundeten Siliciumscheiben

(I) nach dem Sauerätzprinzip naßchemisch behandelt, wobei diese naßchemische Behandlung die Teilschritte

- (a) Ätzen der Halbleiterscheibe in einer sauren Ätzlösung;
- (b) Spülen der Halbleiterscheibe in Reinstwasser; und
- (c) Eintauchen der Halbleiterscheibe in eine wäßrige Flußsäurelösung und Herausbringen der Halbleiterscheibe aus der Flußsäurelösung in einen Ozon enthaltenden Gasraum umfaßt,

(II) anschließend geschliffen, wobei es sich um Doppelseitenschleifen handelt,

(III) einer Oberflächenreinigung einschließlich einer HF/O₃-Behandlung unterzogen,

(IV) in einem Doppelseitenpolierschritt abtragspoliert,

(V) die Scheibenvorderseite schleierfrei poliert und

(VI) die erhaltenen Halbleiterscheiben gereinigt werden, wobei in Schritt (I) geschädigte Kristallbereiche entfernt werden, in Schritt (III) jedoch nicht.